03 | 压测方案：你是否忽略了一个重量级文档？

2021-10-23 高楼

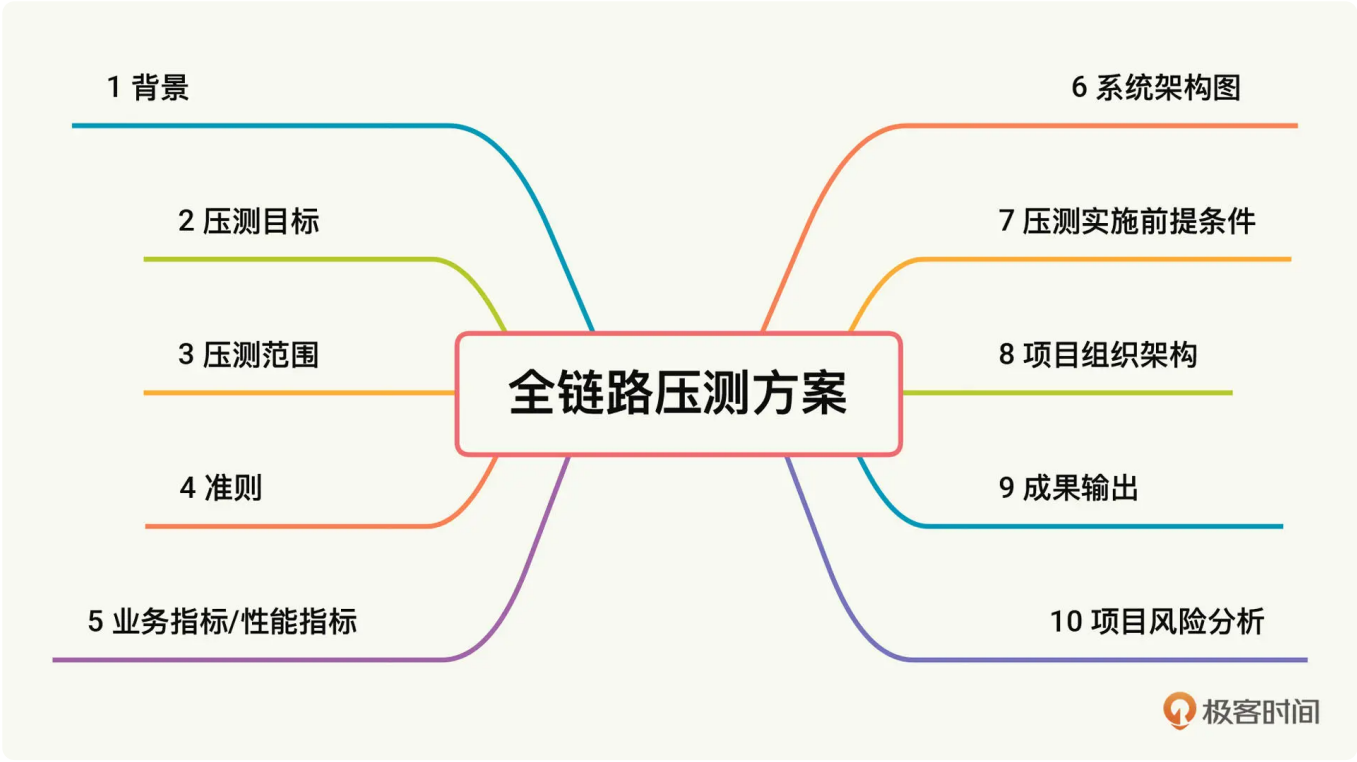
《全链路压测实战30讲》 课程介绍 >

讲述：高楼

时长 04:32 大小 4.17M

你好，我是高楼。

从这里开始，我们就进入全链路压测的第二部分了。我会基于一个完整的项目给你讲一讲全链路压测的核心需求。这一讲这是第二部分的开篇，非常重要，它是这个项目整体的全链路压测方案。这个方案是我基于上一个专栏《高楼的性能工程实战课》中给出的性能方案撰写的。



它包括性能指标、系统架构图、场景设计、监控设计、系统改造等部分，为后面的环境准备、具体执行奠定了基础。压测方案虽然常常被人忽视，但实际上起着非常关键的指导性作用。下面是我认为真正完整并且有意义的全链路压测方案的样子，希望能给你一些启发。

背景

接下来的课程，我要呈现的是一个完整项目从 0 到 1 落地全链路压测的过程。在项目的选择上，我将沿用我上一个专栏中的开源微服务电商项目。我们这个系统采用的技术栈，是当前技术市场中流行的主流微服务技术栈，这样的环境具有很高的借鉴价值。而且，从我的 RESAR 全链路压测方案和逻辑来看，也足以支撑当前主流的微服务技术栈。

压测目标

1. 根据经典的电商下单流程，测试当前系统的单接口最大容量。
2. 录制真实的线上流量，回放压测流量，充分利用当前服务器资源，找到当前系统的性能瓶颈并优化，最终达到最佳容量状态。
3. 结合稳定性场景，做到精准的容量规划，给服务做限流降级提供数据上的参考。
4. 结合异常场景，实践并判断当前系统中的异常情况对线上产生的影响。

压测范围

通过梳理核心压测链路，即电商下单主流程，可确定压测范围，如下所示：

序号	操作	接口
1	打开首页	/home/content
2	用户登陆	/sso/login(这个接口还会调用/oauth/token、/sso/loadByUsername)
3	用户信息查询	/member/address/list
4	商品加入购物车	/cart/add
5	查询购物车信息	/cart/list
6	购物车信息确定订单	/order/generateConfirmOrder
7	生成订单信息	/order/generateOrder
8	支付前查询订单列表	/order/list
9	支付订单信息	/order/paySuccess
10	支付后查询订单详情	/order/detail/${orderId}

极客时间

准则

启动准则

1. 确定旁路基础数据和生产一致，或按模型缩放。
2. 确定预压测（小流量）可以生成真实的业务。
3. 环境准备完毕，包括：
   3.1. 基础静态数据压测验证通过。
   3.2. 各组件基础参数梳理并配置正确。
   3.3. 压力机到位并部署完毕。
   3.4. 网络配置正确，连接通畅，可以满足压测需求。
4. 压测计划、方案评审完毕。
5. 架构组、运维组、开发组、测试组及相关保障人员到位。

结束准则

1. 达到项目的容量水位要求。
2. 关键性能瓶颈已解决。

3. 确定精准的容量规划数据。
4. 完成压测报告和性能调优报告。

暂停 / 再启动准则

1. **暂停准则**

   系统环境变化，如系统主机硬件损坏、网络传输时间超长、压力发生器出现损坏、生产库出现脏数据、系统主机因别的原因需升级暂停等。

   需要调整线上环境资源，如操作系统升级、数据库参数调整、服务器伸缩扩容等。

   出现压测风险中列出的问题。

2. **再启动准则**

   压测中发现问题得以解决。

   线上环境恢复正常。

   压测风险中出现的问题已解决。

   线上环境调整完毕。

业务指标 / 性能指标

序号	操作	接口	目标 TPS	TPS 标准方差	响应时间	响应时间标准方差
1	打开首页	/home/content	330	5%	200ms	5%
2	用户登陆	/sso/login(这个接口还会调用/oauth/token、/sso/loadByUsername)	150	5%	200ms	5%
3	用户信息查询	/member/address/list	150	5%	200ms	5%
4	商品加入购物车	/cart/add	150	5%	200ms	5%
5	查询购物车信息	/cart/list	90	5%	200ms	5%
6	购物车信息确定订单	/order/generateConfirmOrder	90	5%	200ms	5%
7	生成订单信息	/order/generateOrder	90	5%	200ms	5%
8	支付前查询订单列表	/order/list	90	5%	200ms	5%
9	支付订单信息	/order/paySuccess	90	5%	200ms	5%
10	支付后查询订单详情	/order/detail/${orderId}	150	5%	200ms	5%

极客时间

我们可以基于大促历史数据，分析流量洪峰前后的流量模型，结合当前业务量的增长趋势乘以最大容量水位系数，预估一个目标 TPS。比如这里我们暂定下单目标 TPS 为 1000，水位系数为 1（集群负荷 / 集群最大容量），不考虑冗余。

系统架构图

系统技术栈

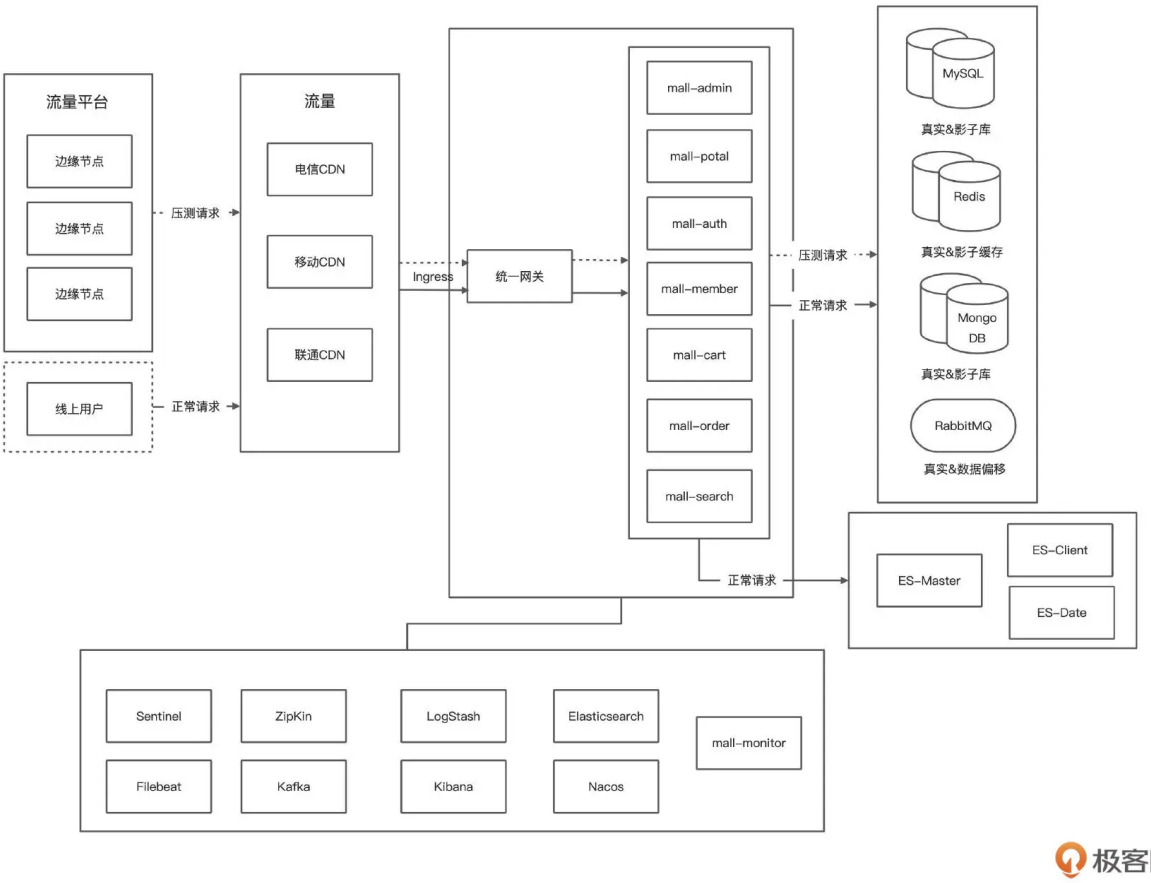
我在下面整理了整个架构中使用的技术组件。它方便我们在后续的压测工作中整理出相应的关键性能参数配置。可以看到，我们这个项目已经覆盖了当前技术市场中的主流技术组件。

1. 微服务框架：Spring Cloud 、Spring Cloud Alibaba
2. 容器 +MVC 框架：Spring Boot
3. 认证和授权框架：Spring Security OAuth2
4. ORM 框架：MyBatis
5. 数据层代码生成：MyBatisGenerator
6. MyBatis 物理分页插件：PageHelper

7. 文档生产工具：Knife4j
8. 搜索引擎：Elasticsearch
9. 消息队列：RabbitMQ
10. 分布式缓存：Redis
11. NoSQL 数据库：MongoDB
12. 应用容器引擎：Docker
13. 数据库连接池：Druid
14. 对象存储：OSS、MinIO
15. JWT 登录支持：JWT
16. 日志收集、处理、转发：LogStash
17. 日志队列和缓冲：Kafka
18. 日志采集：Filebeat
19. 可视化分析与展示：Kibana
20. 简化对象封装工具：Lombok
21. 全局事务管理框架：Seata
22. 应用容器管理平台：Kubernetes
23. 服务保护：Sentinel
24. 分布式链路追踪系统：Zipkin
25. 基础资源监控：Promethues
26. 容器级链路监控：Weave Scope
27. 可视化看板：Grafana

系统逻辑架构图

画系统的逻辑架构图是为了后续性能分析的时候，脑子里能有一个业务链路径。我们在做性能分析时，要做响应时间的拆分，而只有了解了逻辑架构图才可以知道从哪里拆到哪里。



系统部署架构图

画部署架构图是为了让我们快速知道线上环境有多少节点、多少机器。在执行全链路压测时，可以根据经验对系统容量有一个预估。

压测实施前提条件

硬件环境

通过对整体线上环境硬件资源的整理，我们可以根据经验预估大概能支持多大的业务量级，而不至于拍脑袋定指标。

序号	主机	用途	配置	备注
1	服务器1	云主机	2C-8G-50G	[root@s5 ~]# free -h total used free shared buff/cache available Mem: 7.6G 3.5G 304M 7.7M 3.8G 3.8G Swap: 0B 0B 0B [root@s5 ~]#
2	服务器2	云主机	2C-8G-50G	[root@s6 ~]# free -h total used free shared buff/cache available Mem: 7.6G 6.2G 360M 6.1M 1.1G 1.2G Swap: 0B 0B 0B [root@s6 ~]#
3	服务器3	云主机	2C-8G-50G	[root@s7 ~]# free -h total used free shared buff/cache available Mem: 7.6G 6.1G 224M 447M 1.3G 828M Swap: 0B 0B 0B [root@s7 ~]#
4	服务器4	云主机	8C-16G-40G	[root@s8 ~]# free -h total used free shared buff/cache available Mem: 15G 1.1G 10G 2.4M 3.3G 13G Swap: 0B 0B 0B [root@s8 ~]#
5	服务器5	云主机	8C-16G-40G	[root@s9 ~]# free -h total used free shared buff/cache available Mem: 15G 1.1G 10G 2.3M 3.6G 13G Swap: 0B 0B 0B [root@s9 ~]#
6	服务器6	云主机	8C-16G-40G	[root@s10 ~]# free -h total used free shared buff/cache available Mem: 15G 1.0G 11G 2.1M 2.4G 13G

				Swap: 0B 0B 0B [root@s10 ~]#
7	服务器7	云主机	8C-16G-40G	[root@s11 ~]# free -h total used free shared buff/cache available Mem: 15G 1.0G 12G 2.3M 2.0G 13G Swap: 0B 0B 0B [root@s11 ~]#
8	服务器8	NFS网络存储	2C-4G-500G	[gaolou@7dgroup3 ~]$ free -h total used free shared buff/cache available Mem: 3.7G 2.4G 156M 1.2M 1.2G 1.1G Swap: 0B 0B 0B [gaolou@7dgroup3 ~]$

极客时间

我们可以看到，当前云主机总共使用在应用中的资源是：38 C 的 CPU 资源，88 G 的内存资源。NFS 网络存储服务器不用在应用中。我们这里选择的云主机类型主要为计算密集型（通常比例 1:2）。

在成本上，所有云主机加在一起一年大概六万左右的费用，这其中还包括云硬盘、云网络等杂七杂八的费用。

工具准备

流量平台

序号	软件	版本
1	GoReplay	1.3.0
2	MinIO	RELEASE.2021-10-08T23-58-24Z
3	XXL-JOB	v2.1.0
4	Grafana	v7.1.0

极客时间

为了使得压测的请求跟真实的线上业务请求接近，在压测请求的来源方式上，我们将对线上的业务流量进行录制和回放，采用流量回放的方式来进行压测。

流量回放工具选择了 GoReplay，使用 Minio 对象存储对文件管理，可以做到对流量文件和 Gor 执行器 HTTP 上传下载。

同时在压测过程中，我们考虑将 GoReplay 数据做实时采集，然后再由 Grafana 来可视化展现。

最后，我们考虑结合 Shell 脚本，使用分布式任务调度中心对命令执行做统一任务调度。

监控工具

序号	软件	功能
1	Prometheus	通过 Prometheus 提供的 exporter 功能采集数据。 包括组件：k8s 各类组件 (kubelet/pod/apiserver/controller-manager/sheduler/state-metrics/etcd/coredns/) 、 CenterOS、RabbitMQ、Redis、MySQL、MongoDB/NFS 等组件。
2	Grafana	展现 Prometheus 采集的数据。
3	Zipkin	Spring Cloud 应用分布式链路追踪。
4	Weave Scope	容器级链路监控工具。
5	Spring Boot Admin	Sping Boot 应用管理监控工具。
6	Elasticsearch	存储各类日志。
7	Kibana	数据可视化与展示。
8	Logstash	数据收集、处理、转发。
9	Kafka	提供日志给下游消费。
10	Filebeat	日志采集。
11	Sentinel	服务流量监控。

极客时间

根据 RESAR 全链路压测中的“全局 - 定向”的全栈监控思路，我们在选择第一层监控工具时，要采集全量的全局计数器，采集的计数器包括各个层级，这里请参考前面的架构图。

但是，请你注意，在全局监控中，我们要尽量避免使用定向的监控手段，比如说 Java 应用中的方法级监控。因为在项目开始之初，我们不能确定到底在哪个层面会出现问题，所以不适合使用定向监控思路。

那全局监控怎么来做才最合理呢？这里我们可以结合线上运维现有的监控手段。注意，在性能监控过程中，我们尽量不要自己臆想，随意搭建监控工具。

基准数据

铺底数据

序号	数据类型	表	准备前的数据量	准备后的数据量
1	用户信息	ums_member	10	2433398
2	地址信息	ums_member_receive_address	3	2503347
3	商品数据	pms_product	29	118400
4	订单表	oms_order_item	49	14106700

极客时间

流量数据

在流量录制的做请求重写，加上压测标记参数，比如 Goreplay 使用–http-set-param 参数针对 URL 中存在的 key 进行改写，对不存在的参数进行追加。

这里需要强调的是，在 RESAR 全链路压测中，基础数据要满足几个特性：

1. **生产环境的真实数据分布：**要想做到这一点，最合理的方式是脱敏生产数据。在我们这个系统中，生产流量录制后，脱敏去噪后共计 243 万条用户数据和 250 万条地址数据。
2. **流量数据一定要使用真实数据来覆盖真实用户：**在全链路压测中一定要用真实流量数据来做参数化，而用多少数据取决于压测场景的设计。涉及真实的用户账号，需要 session 状态的，这里我们将考虑系统进行识别并单独处理。
3. **流量数据一定要满足压测的可用性：**通过分析大促流量洪峰历史数据的增长趋势，做到精准预估当前压测需要的数据量级。

系统改造

压测标记

在全链路压测中生成压测流量后，线上业务中需要区分流量 (正常流量 & 压测流量)，我们称之为**链路打标**，也有的叫做**流量标记**，由于我们这个项目为微服务架构，几乎都是 RESTful 风格的 HTTP 接口，而 HTTP 是一个比较通用的协议，我们在压测流量的

Header 中增加一个标记项。一个 flag 的 key 。值为 7DGroup 的代表压测流量，key 不存在或者 key 值不等于 7DGroup，代表非压测流量。

压测透传

线上压测要保证压测安全且可控，不会影响真实用户的使用，不会对线上环境造成任何的数据污染。所以首先解决的是压测流量的识别与透传问题。

目前微服务架构中分布式跟踪系统作为基础设施，不会限制使用线程池等会池化复用线程的组件，并期望业务逻辑尽可能地透明。从技术能力上讲，全链路压测流量治理与分布式链路追踪系统是一样的，即流量标记。

目前市面上，几乎所有分布式链路追踪的实现，理论基础都是基于 Google Dapper 的那篇论文，其中最重要的核心概念就是 TraceId 和 SpanId。而对于分布式系统的压测流量透传主要涉及两大方面：

跨线程间的透传：

对于涉及多线程调用的服务来说，要保证压测标识在跨线程的情况下不丢失。主线程根据压测请求，将测试标识写入当前线程的 ThreadLocal 对象中，利用 InheritableThreadLocal 的特性，将父线程 ThreadLocal 中的变量传递给子线程，这样就保证了压测标记的传递。而对于采用线程池的情况，同样对线程池进行封装，在往线程池中添加线程任务时，额外保存了 ThreadLocal 中的变量，执行任务时再替换 ThreadLocal 中的变量。

跨服务间的透传：

对于跨服务的调用，我们对所有涉及到的服务进行了一一改造。利用 Spring Cloud Sleuth的服务间原生传递上下文特性，在原有传输上下文的基础上，添加压测标记的属性，以保证跨服务传输中始终带着压测标记。这样也就免去了代码的硬耦合。

压测隔离

线上压测最棘手的问题是写请求的压测，因为它会向生产库中写入大量的脏数据。我们借鉴了目前主流大厂的“影子库和数据偏移”的隔离方案。

MySQL 使用影子库，将压测流量对 MySQL 的读写打到影子库上。即正常的业务库名为 mall，则影子库名 mall_shadow，这样压测之后数据的清理工作就变得方便多了。

MongoDB 使用影子库，即正常的业务库名为 mall，则影子库名 mall_shadow。

Redis 使用影子库，即正常的业务库名为 db1，则影子库名为 db5。

RabbitMQ 使用数据偏移，发送消息后自动识别并加上压测标记。

日志隔离

微服务请求调用链追踪始终都是体现在分布式服务之间，我们通过网关入口透传，改造下日志框架，使接下来的日志都拦截并记录这个压测标记，那么最后存下来的日志有 traceID 和 tag 组合，最后搜索 ES 日志的时候，就能做到区分请求 (正常流量 & 压测流量) 了。

考虑到日志打印一般是无序的，在一个用户的使用过程中，可能有多个不同的线程来进行处理。典型的例子是当用户访问某个页面时，应用服务可能会创建一个新的线程来处理该请求，也可能从线程池中复用已有的线程。在一个用户 session 存续期间，可能有多个线程处理过该用户的请求。当需要追踪某个用户在系统中的相关日志记录时，就会变得很麻烦。

解决办法就是引入 MDC（Mapped Diagnostic Context，映射调试上下文）。而 SLF4J 提供了 MDC（Mapped Diagnostic Contexts）功能，它的实现也是利用了 ThreadLocal 机制。改造代码只需要将指定的值 put 到线程上下文的 Map 中，然后在对应的地方使用 get 方法获取对应的值，从而达到自定义和修改日志输出格式内容的目的。

考虑到压测流量比较大，产生的日志也非常多，压测流量的日志很容易覆盖正常流量的日志。我们选择改写 Logback 的 Appender，根据流量标记将日志写入对应影子目录中，并且配置默认的删除策略，日志只保存三天。

Mock 设计

对于第三方接口，例如下单支付，给用户发消息等，我们不能将压测流量的请求打过去，所以需要改写请求的逻辑，将 Mock 的逻辑保存在 Mock Server 上面，考虑使用 AOP 技术进行统一封装。

压测设计

场景执行策略

场景递增策略

对于性能场景，我们认为它必须满足两个条件：**连续**和**递增**，所以在这次的全链路压测执行过程中，我们会把这两点应用到下面的业务场景中。

这里面的详细介绍可以参考性能工程专栏的《05 | 性能方案：你的方案是否还停留在形式上？》

业务场景

在 RESAR 全链路压测中，性能场景只需要四类，执行顺序从上到下依次为：

基准场景

容量场景

稳定性场景

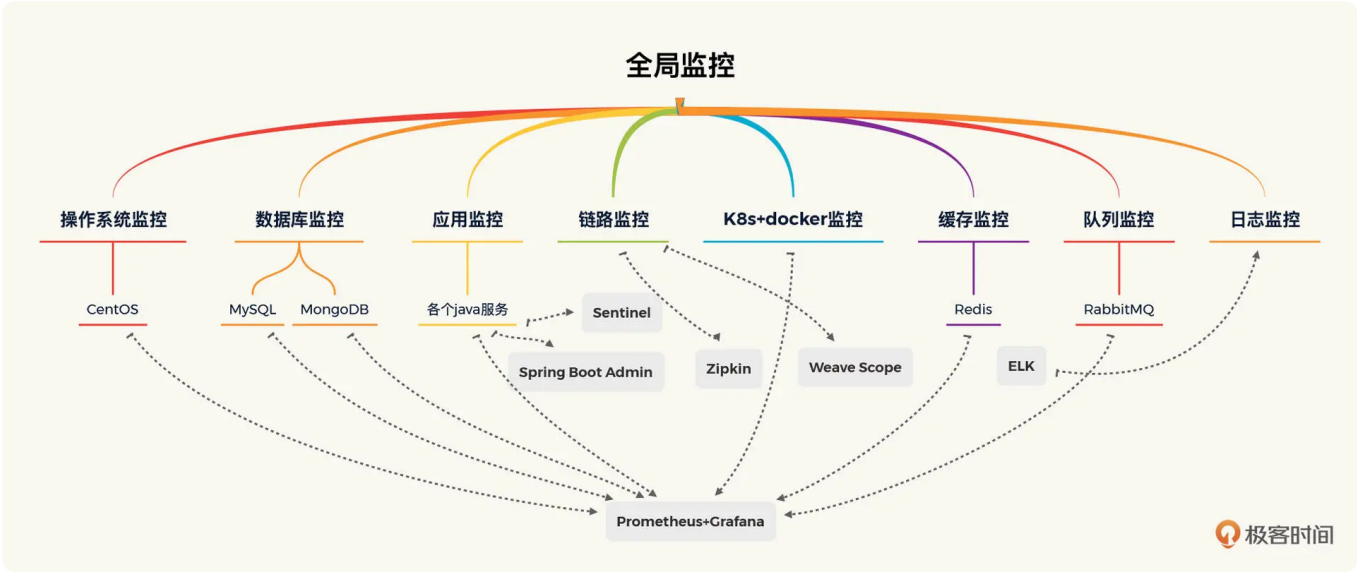
异常场景

请你注意，除了这四类性能场景外，再没有其他类型的场景了。在每一个场景分类中，我们都可以设计多个具体的场景来覆盖完整的业务。具体可以参考《高楼的性能工程实战课》，这里我就不逐一解释了。

监控设计

全局监控

有了前面的监控工具部分，监控设计就反而简单了。对于我们这个系统，全局监控如下所示：



从上图来看，我们使用 Prometheus/Grafana/Spring Boot Admin/Zipkin/Weave Scope/ELFK/Sentinel 实现具有全局视角的第一层监控。对工具中没有覆盖的第一层计数器，我们只能在执行场景时再执行命令来补充了。

注意，为了应对线上的风险，我们还需要提供压测熔断机制来应对突发事件，降低压测对线上服务的影响。这里我们主要考虑两个方面：

基于核心业务指标异常告警熔断

基于基础资源 Metric 告警熔断

定向监控

那后面的定向监控怎么办呢？在这里我也大体列一下常用的工具。这些工具是在有性能问题的时候才会去使用的。

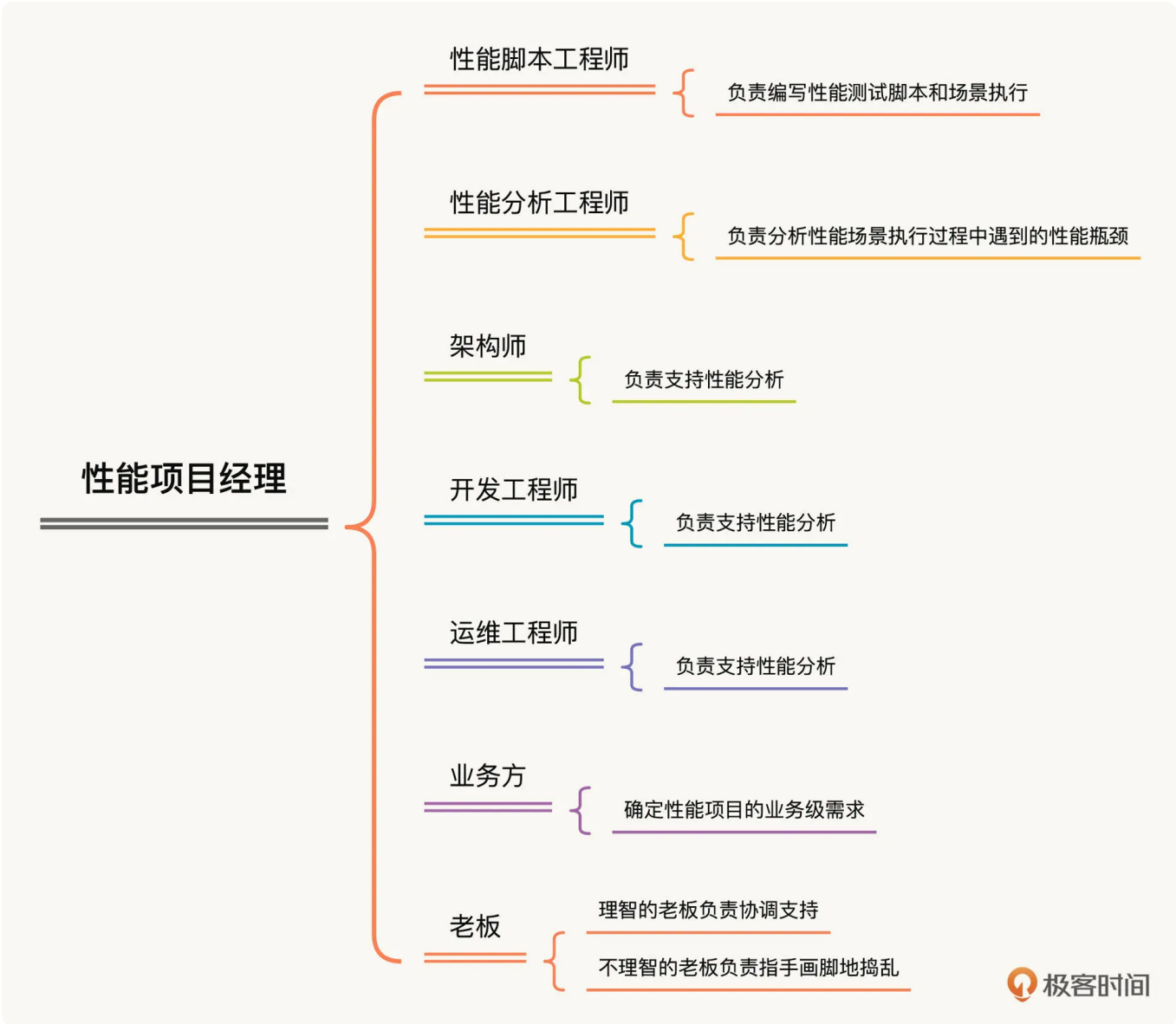
序号	工具	作用
1	jstack jmap JVisualVM Arthas	监控Java应用。 这里的工具各有使用的场景。
2	mysqlreport pt-digest-query	分析MySQL。
3	perf strace	跟踪操作系统级别的调用。

极客时间

在性能分析的过程中，还会使用很多其他工具查找证据链，这里只能给出最常用的工具，无法全部罗列出来。大家要根据系统使用到的技术组件灵活使用工具，在课程后续的操作中，我们也有可能使用一些没有列出的工具。

项目组织架构

在全链路压测方案中，一定要画出项目的组织架构图，并且请你一定要在这部分写明各组织人员的工作范围和职责，避免出现扯皮的情况。我大体画了一下常见的组织架构图：



这是我按照工作内容而不是职场中的工作职位来设计的组织架构，我觉得这是一个合理的组织架构。在这张图中，性能工程师所负责的事情是现在大部分性能从业人员都在做的。此外，我们还需要性能分析工程师、架构师、开发工程师、运维工程师的支持和保障。

业务方作为性能的业务需求来源也必不可少。如果业务方提不出来什么合理的性能需求，那这个全链路压测项目很有可能一片混乱。

至于老板这个角色，在性能项目中，我们经常看到的老板都不懂什么叫性能，只会叫着要支持 XXX 并发用户数，支持 XXX 在线用户数。其实，这样的老板沟通起来也很简单，就是拿结果给他看就好了。不过，在全链路压测项目的执行过程中，当线上资源不足时，请你一定要让老板知道，同时降低老板的预期，要不然在后续的沟通中会很费劲。

成果输出

过程性输出

1. 压测方案
2. 流量数据
3. 场景执行结果
4. 监控结果
5. 问题记录

在全链路压测项目中，过程性输出有这些内容就够了。我们经常看到很多项目在执行完之后，除了有一份压测报告之外，什么过程性输出都没有。实在不理解这样的企业是怎么积累性能经验的。

结果输出

通常情况下，我们做的性能项目都会输出两个最终交付的文档：一个是性能场景执行结果记录的报告（就是现在我们常写的压测报告），另一个是性能调优报告。

全链路压测报告

压测报告想必大家见得多了，这里只强调几点：

1. 一定要有结论，而不是给出一堆类似“资源使用率是多少”“TPS 是多少”“响应时间是多少”这种描述类的总结语。我们要给出“当前系统可支持 XXX 并发用户数”这样的结论。

2. 一定不要用“可能”这种模棱两可的词。
3. 压测报告中要有对运维工作的建议，也就是要给出关键性能参数的配置建议，比如线程池、队列、超时、服务限流降级等。
4. 性能结果报告中要有对后续压测工作的建议。

性能调优报告

调优报告是整个性能项目的精华，调优报告中一定要记录下每一个性能问题的问题现象、分析过程、解决方案和解决效果。可以说，调优报告完全是一个性能团队技术能力的体现。

项目风险分析

对于全链路压测项目的风险，我把比较常见的风险列在这里：

1. 业务侧的性能需求不明确。
2. 线上环境问题。
3. 脏数据问题。
4. 梳理链路不准确。
5. 多个团队间协调沟通困难，无法协同。
6. 瓶颈分析不到位，影响进度。
7. ...

在我们这个课程所用的项目中，比较大的风险就是：

1. 硬件资源有限。
2. 项目时间不可控，因为出了问题，并没有人支持，只能自己搞。

不过请你放心，我们会努力克服困难，把这个全链路项目的执行过程都记录下来。

到这里，整个全链路压测方案就结束了。

总结

在这节课里，我把一个全链路压测方案该有的内容以及要写到什么程度，都给你梳理了一遍。希望能给你一些借鉴。

压测方案是一个性能项目的重要输出。对于一个完整的项目来说，压测方案就显得极为重要。因为它指导了整个项目的实施过程。在压测方案中，我强调了几个重点：核心链路、性能指标、系统架构图、系统改造、场景设计、监控设计等，它们都会对整个全链路压测项目的质量起到关键作用。

看完我的方案，希望你可以在后续的项目中，自己尝试去写一个完整的全链路压测方案。如果在撰写的过程中遇到什么问题，也可以在留言区向我提问。

课后题

这节课的内容到这里就要结束了，最后，请你思考两个问题：

1. 如何精确预测线上压测基础数据量？
2. 为什么要强调系统架构图的重要性？

欢迎你在留言区与我交流讨论。当然了，你也可以把这节课分享给你身边的朋友，他们的一些想法或许会让你有更大的收获。我们下节课见！

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

生成海报并分享

赞 5 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 02 | RESAR 全链路流程：如何搞定所有容量场景？

下一篇 04 | 核心链路：如何梳理符合真实业务场景的核心链路？

精选留言 (4)

写留言

future
2021-10-24

现在以perfma为例的PAAS供应商把性能测试或者容量测试变成了一种企业服务，高楼老师以前也做过测试项目的外包，那么高楼老师认为以后的趋势会变成公司越来越倾向于按需购买性能测试服务，而不是自己招聘性能工程师这个趋势发展吗

展开

作者回复: 企业服务？外包不一直是企业服务吗？并且现在外包企业基本上也都有性能测试平台。这么多年了，也没见有什么变化呀，企业该招性能工程师还是招。

3

future
2021-10-24

如何精确预测线上压测基础数据量？ngnix网关统计各接口各时期时段的访问量？为什么要强调系统架构图的重要性？线上测试追求的是与生产环境一致，系统架构不清或不对，直接影响性能测试方案指定，后期定位问题分析瓶颈也会造成遗漏误判，相当于一次无用功

展开

作者回复: 看来是有过吃苦的经历。

3

段星星

2021-10-23

老师你好
我想咨询一下，以下流程数据应该怎么处理:
如： 生成订单--> 查询订单 --> 支付订单

使用Goreplay录制流量，生成的订单ID是s1，在查询、支付订单接口参数都是使用的s1...

展开

1 1

future

2021-10-24

及真实的用户账号，需要 session 状态的，这里我们将考虑系统进行识别并单独处理。这是什么意思呢

作者回复: 在后面的文章中会描述这一部分。